

УДК 004.9

Л.В. Губич¹, Д.Л. Васильев¹, А.В. Заблоцкий²,
Н.П. Муха¹, Н.И. Петкевич¹, А.А. Прохорова¹

СКВОЗНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТМАССОВЫХ ДЕТАЛЕЙ В ТРАКТОРОСТРОЕНИИ

Рассматриваются задачи и пути их решения при создании сквозной компьютерной технологии проектирования и производства пластмассовых деталей в авто- и тракторостроении. Приводятся теоретические подходы к решению поставленных задач и практические результаты их реализации.

Введение

Развитие технологий производства полимерных материалов и методов изготовления из них деталей различного назначения ведет ко все более широкому применению в тракторо-, автомобиле- и сельхозмашиностроении полимерных деталей. Примером такой тенденции служит продукция Минского тракторного завода (РУП «МТЗ») – одного из основных экспортообразующих предприятий Республики Беларусь. Применение деталей из полимеров в кабине, интерьере салона, других агрегатах и сборочных единицах трактора позволяет улучшить дизайн машин, повысить комфортность эксплуатации, удешевить изготовление, что в итоге повышает конкурентоспособность производимой продукции.

Следует заметить, что из-за конструктивных и технологических особенностей полимерных деталей ускорение запуска их в производство возможно только при широком применении сквозных компьютерных технологий, обеспечивающих повышение качества и эффективности решения конструкторских и технологических задач. Вследствие высокой сложности геометрических форм большинства полимерных деталей процесс разработки и запуска их в производство является длительным и дорогостоящим из-за невозможности при ручном проектировании избежать многочисленных корректировок конструкции детали и соответственно пресс-формы для ее литья как в процессе проектирования, так и при запуске в производство. При этом накопленный опыт специалистов не фиксируется и во многом теряется, при проектировании новой детали весь процесс начинается сначала, а не отталкивается от предыдущего аналога. Последовательный процесс разработки конструкторской документации на полимерные детали трактора, затем на пресс-формы и последующая передача ее на производство не отвечают сегодня требуемым срокам выхода на рынок новых модификаций тракторов. Требуется кардинальная реструктуризация всего цикла технологической подготовки производства полимерных деталей трактора на базе современных информационных технологий. Создание таких технологий предполагает разработку новых методов решения проектных задач, внедрение в практику конструирования современных, ранее не применявшихся средств, направленных на всесторонний анализ конструктивных решений до начала производства и снижение его издержек [1]. Внедрение сквозных компьютерных технологий требует решения целого ряда организационных проблем для обеспечения взаимодействия подразделений, участвующих в данном технологическом процессе [2, 3]. В настоящей статье предлагаются решения перечисленных задач.

1. Постановка задачи

Постановка задачи создания сквозной компьютерной технологии проектирования и производства полимерных деталей, входящих в состав выпускаемых изделий, может быть сформулирована следующим образом: на основе анализа конструктивных особенностей полимерных деталей для данного класса изделий, возможностей имеющегося на предприятии базового программно-технического обеспечения и особенностей организации процесса их проектирования и производства в условиях конкретного предприятия требуется разработать методы, информационные и программные средства, а также нормативную базу для организации проектных работ в сквозном

цикле на базе электронных моделей деталей и сборок, передаваемых между автоматизированными рабочими местами, которые находятся в различных подразделениях предприятия.

В общем виде сквозная компьютерная технология проектирования и производства (СКТПП) для определенного технологического передела должна охватывать объект проектирования; субъектов, поддерживающих процесс проектирования; средства и методы, применяемые в процессах проектирования, технологической подготовки производства пластмассовой детали, а затем ее изготовления в литейном производстве. Исходными данными для функционирования СКТПП должны являться решение о начале работ и техническое задание на изделие, результатом – готовая деталь. Поставленную задачу можно представить следующим выражением:

$$\text{СКТПП} = \{\cup \text{ФУН}, \cup \text{АРМ}, \cup \text{ЭМ}, \cup \text{ДЭ}, \cup \text{ДЭО}, \cup \text{ПУ}, \text{БПО}, \text{СПО}, \text{ИБ}, \text{НОР}\}, \quad (1)$$

где ФУН – совокупность функций (проектных задач), которые должны быть решены в составе данного технологического передела, охватываемого сквозным циклом компьютерного проектирования;

АРМ – автоматизированные рабочие места, которые выделяются по принципу завершения определенного этапа работ, требующего отчетности и документирования, и могут быть как виртуальными, так и реальными. Виртуальные АРМ физически могут находиться на одном компьютере и выполняться одним специалистом, реализующим различные проектные задачи. Реальные АРМ располагаются на разных компьютерах, объединенных в сеть, на них работают специалисты, относящиеся к различным структурным подразделениям;

ЭМ – семейство электронных моделей объектов и процессов проектирования различного назначения (конструкторских, технологических, расчетных, структурных), которые возникают при функционировании СКТПП, передаются между АРМ и подлежат хранению и документированию;

ДЭ – комплекты электронных конструкторских документов, которые разрабатываются на основе ЭМ, ассоциативно с ними связаны, подлежат отчетности, хранению и распространению в установленном порядке по подразделениям предприятия;

ДЭО – совокупность электронных организационно-распорядительных документов (планов, графиков, писем, распоряжений, приказов, извещений и пр.), которые сопровождают процесс проектирования и производства;

ПУ – производственные условия и ограничения, связанные с конструктивными особенностями производимой продукции, технологическими особенностями производства, организационной структурой предприятия;

БПО – базовое программное обеспечение и инфраструктура вычислительных средств, которые служат технической основой для создания СКТПП;

СПО – специализированные программные средства, которые разрабатываются для конкретных производственных условий;

ИБ – информационная база, представленная библиотеками стандартных деталей и конструктивных элементов, базами данных, которые содержат различные сведения;

НОР – нормативная база, действующая на предприятии и определяющая порядок действий при решении проектных задач и взаимодействие подразделений предприятия.

Процесс функционирования СКТПП состоит из этапов создания, передачи и преобразования следующих информационных объектов:

– ЭМ, получаемых при решении отдельных проектных задач и обрабатываемых на различных АРМ с использованием БПО, СПО и ИБ;

– ДЭ, разработанных на основе ЭМ с использованием БПО, СПО и ИБ и подлежащих сдаче по установленному регламенту в электронный банк конструкторско-технологической информации;

– ДЭО, в которых фиксируются этапы выполнения сквозного процесса проектирования и запуска в производство полимерных деталей.

Такой процесс может быть представлен следующими преобразованиями:

$$\Phi 1: \{\text{АРМ}(\text{БПО}, \text{СПО}, \text{ИБ}), \text{ФУН}\} \rightarrow \text{УЭМ}; \quad (2)$$

$$\Phi 2: \text{УЭМ} \rightarrow \{\text{АРМ(БПО, СПО, ИБ), ФУН}\} \rightarrow (\text{ДЭ, ДЭО}). \quad (3)$$

Совокупность электронных моделей, которые разрабатываются, используются и преобразуются в процессе функционирования СКТПП, можно определить как основной результат СКТПП.

2. Компоненты СКТПП

Для реализации поставленной задачи базовое предприятие РУП «МТЗ» предоставило необходимую инфраструктуру базовых программных и вычислительных средств, в которую вошли как уже действующие в Головном специализированном конструкторском бюро (ГСКБ) рабочие места с CAD-системой Unigraphics, так и приобретенные специально для СКТПП дополнительные программно-аппаратные комплексы (ПАК) для подразделений, участвующих в запуске в производство пластмассовых деталей. В состав новых ПАК вошли:

- рабочее место с CAD-системой Solid Edge для ГСКБ, которое занято непосредственно работой с полимерными материалами;
- рабочее место с CAD-системой Solid Edge и рабочее место с CAD-системой Unigraphics Design для отдела главного технолога (ОГТ);
- два места в бюро проектирования пресс-форм с CAD-системой Unigraphics MoldWizard, которая обеспечивает решение основных проектных задач, характерных для пресс-форм;
- рабочее место с САМ-системой Unigraphics NC в бюро пресс-форм для разработки программ управления станками с ЧПУ, при этом организована возможность работы специалистов Минского завода специального инструмента и технологической оснастки (МЗ СИИТО) с необходимым программным обеспечением на этом рабочем месте через локальную сеть.

Таким образом, был создан базовый инвариантный компонент – БПО, на основе которого проводилась работа по созданию СКТПП применительно к условиям РУП «МТЗ». Этот компонент можно представить в следующем виде:

$$\hat{A\Pi} = \{\hat{A\Pi E}, \hat{A\Pi \Pi}, \hat{A\Pi \Xi}, \hat{A\Pi A}\}, \quad (4)$$

где БПОК – инвариантные средства для решения проектных задач методами твердотельного и поверхностного моделирования полимерных деталей в CAD/CAM/CAE-системах различного уровня [4];

БПОП – инвариантные средства для решения основных задач конструирования пресс-форм на основе 3D-моделей полимерных деталей;

БПОИ – инвариантные средства для решения технологических задач изготовления пресс-форм в инструментальном производстве;

БПОА – инвариантные средства управления банком конструкторско-технологической информации, который поддерживает информационную среду для обмена проектными данными между подразделениями, участвующими в работе СКТПП.

Исследование функциональных возможностей перечисленных программных средств показало, с одной стороны, их достаточность для решения основных задач проектирования и запуска в производство полимерных деталей, а с другой – необходимость разработки специализированных информационных и программных средств, отражающих конструктивные особенности полимерных деталей трактора, накопленный опыт их проектирования, требования к документированию по ЕСКД конструкций полимерных деталей и пресс-форм для их литья, соответствующие стандарты предприятия, которые фиксируют условия РУП «МТЗ».

Специализированные программные модули для адаптации инвариантных средств к условиям РУП «МТЗ» включают:

- модули документирования конструкций полимерных деталей и пресс-форм в среде систем Solid/Edge и UNIGRAPHICS;
- модули обмена, хранения и управления проектными данными в среде PDM-системы IMAN.

Адаптация инвариантных базовых программных компонентов БПО к условиям РУП «МТЗ» проводилась, прежде всего, посредством:

- систематизации и наполнения библиотек электронных моделей пластмассовых деталей и конструктивных элементов, характерных для тракторостроения;
- создания базы данных полимерных материалов, применяемых в производстве тракторов;
- разработки библиотеки параметризованных типовых деталей пресс-форм и 3D-сборок пресс-форм;
- создания библиотеки типовых чертежей для деталей пресс-форм.

Перечисленные библиотеки и базы данных образуют информационную базу, обеспечивающую функционирование СКТПП в соответствии с производственными условиями РУП «МТЗ». Эти условия определяют ограничения, которые оказали влияние на создаваемую СКТПП, и заключаются в том, что непосредственно в подразделениях РУП «МТЗ» выполняются только этапы разработки полимерных деталей и проектирования пресс-форм для их литья. Изготовление пресс-форм, а затем производство с их помощью полимерных деталей выполняются внешними партнерами и поставщиками РУП «МТЗ». Поэтому в составе СКТПП участвуют такие подразделения, как отдел внешней кооперации, курирующий вопросы согласования и поставки полимерных деталей, инструментальный отдел, занимающийся заказами на изготовление пресс-форм, а затем приемкой пресс-формы и сдачей ее поставщику-изготовителю полимерных деталей. Данные особенности производства РУП «МТЗ» определяют структуру подразделений, задействованных в СКТПП; состав задач, которые должны решаться в СКТПП; состав ДЭО, координирующих работу СКТПП.

Состав АРМ для СКТПП определялся, ориентируясь, с одной стороны, на действующие стандарты, в которых установлены этапы выполнения проектных работ, правила документирования и согласования конструкторской документации, а с другой – на компьютерную технологию проектирования, которая обеспечивает возможности всестороннего анализа принимаемых проектных решений до начала производства, что невозможно при ручной технологии разработки конструкторской документации. На основе анализа процессов выполнения проектных работ в условиях РУП «МТЗ», правил согласования и утверждения конструкторской документации было принято решение, что СКТПП будет включать пять АРМ проектировщиков и одно АРМ руководителя проектных работ. Таким образом, структуру СКТПП можно описать выражением

$$\text{СКТПП} = \{ \text{АРМ}_1, \text{АРМ}_2, \text{АРМ}_3, \text{АРМ}_4, \text{АРМ}_5, \text{АРМ}_6 \}, \quad (5)$$

где АРМК – АРМ конструктора полимерных деталей, которое предназначено как для проектирования новых полимерных деталей, так и для перевода в электронную форму 3D-моделей библиотеки полимерных деталей разработок прошлых лет, используемых на основе унификации в новых моделях тракторов;

АРМА – АРМ аналитика конструкции и процесса литья полимерных деталей;

АРМПФ – АРМ конструктора пресс-форм;

АРМТ – АРМ технолога-инструментальщика;

АРМП – АРМ технолога-программиста.

Состав проектных задач, исходные данные для их решения и полученные результаты показаны на рис. 1. Все перечисленные АРМ являются виртуальными. Физически базовое и специализированное программные обеспечения расположены на сервере и доступ к ним имеют специалисты разных подразделений на основе «плавающих» лицензий (рис. 2).

Для каждого выделенного АРМ был определен перечень ФУН, которые необходимы для решения проектных задач, закрепленных за ним. Правила применения этих функций задокументированы, утверждены как методические средства для решения проектных задач в СКТПП и представлены в 15 книгах общим объемом 2000 страниц.

Итак, структурно разработанная СКТПП может быть представлена совокупностью комплексов методических, информационных и программных средств, разработанных для каждого АРМ. Такой комплекс средств определяет:

- состав базовых и специализированных программных модулей, необходимых для функционирования данного АРМ;
- состав баз данных, библиотек электронных моделей, используемых на каждом из АРМ;

– правила решения проектных задач, разработки ЭМ объектов проектирования и электронной конструкторской документации на каждом АРМ.



Рис. 1. Схема функционирования СКТПП

Для законодательного закрепления правил функционирования СКТПП в условиях РУП «МТЗ» были разработаны руководящие документы для АРМ как проектировщиков, так и руководителя проектных работ, а также приложения по информационным технологиям к стандартам предприятия системы менеджмента качества. В данных документах была закреплена схема взаимодействия подразделений РУП «МТЗ» (рис. 3) и состав ДЭО, поддерживающих процесс функционирования СКТПП.

Обобщая вышеизложенное, можно сказать, что задача создания СКТПП была реализована в результате:

– формализации процессов проектирования, наполнения и систематизации библиотек электронных моделей пластмассовых деталей и конструктивных элементов, характерных для продукции РУП «МТЗ» и пресс-форм;

- создания инвариантных проектных, расчетных и технологических электронных моделей, применимых для запуска в производство полимерных деталей в условиях РУП «МТЗ»;
- создания организационных моделей функционирования коллективов специалистов различного профиля, работающих по СКТПП полимерных деталей.

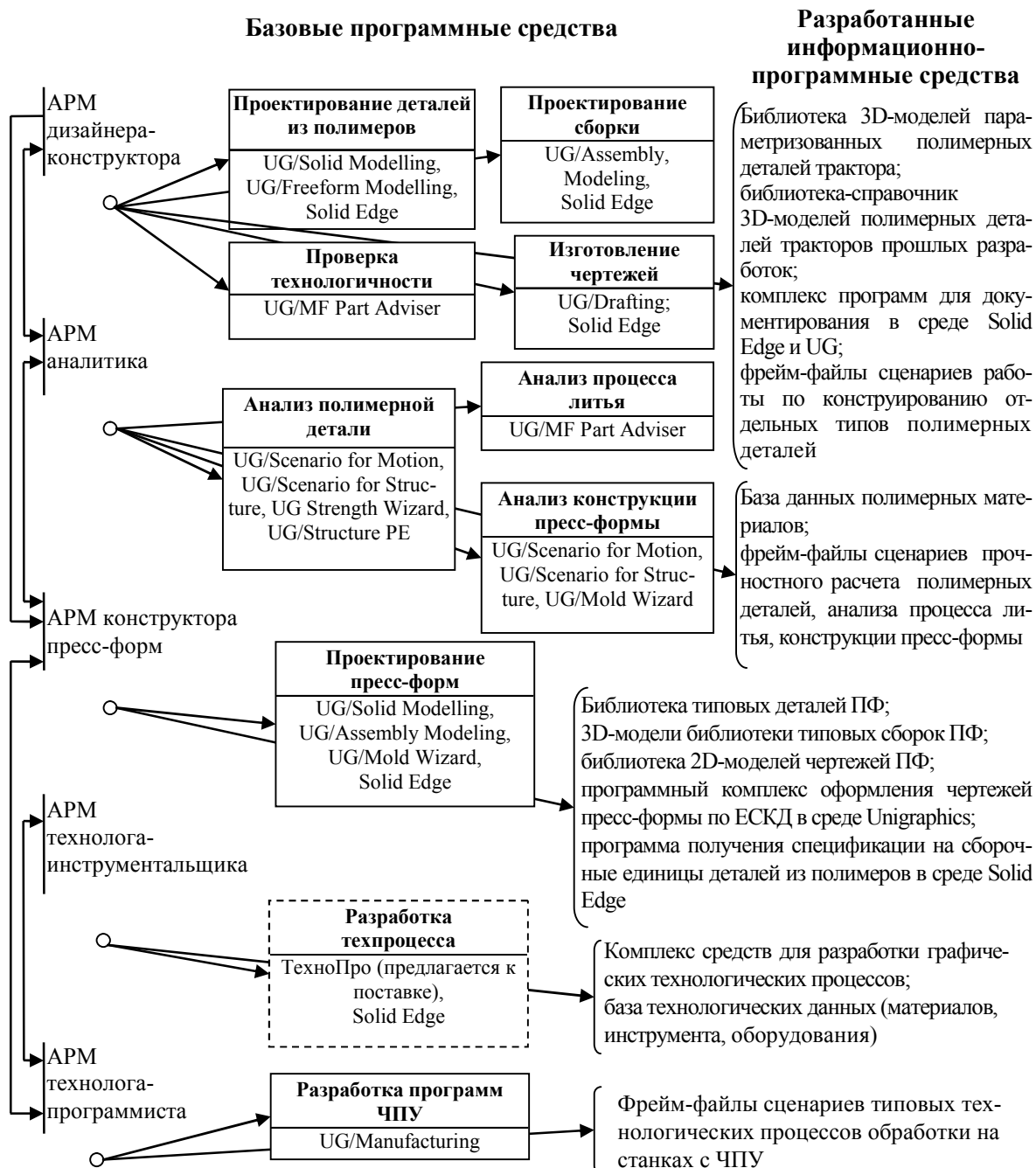


Рис. 2. Состав базовых программных и разработанных информационно-программных средств для СКТПП

Выделение и нормативное закрепление СКТПП можно использовать для оценки достигнутой степени информатизации предприятия, которую определим как

$$K = N/M, \quad (6)$$

где N – число технологических переделов на предприятии, охваченных информационными технологиями; M – общее число технологических переделов на предприятии.

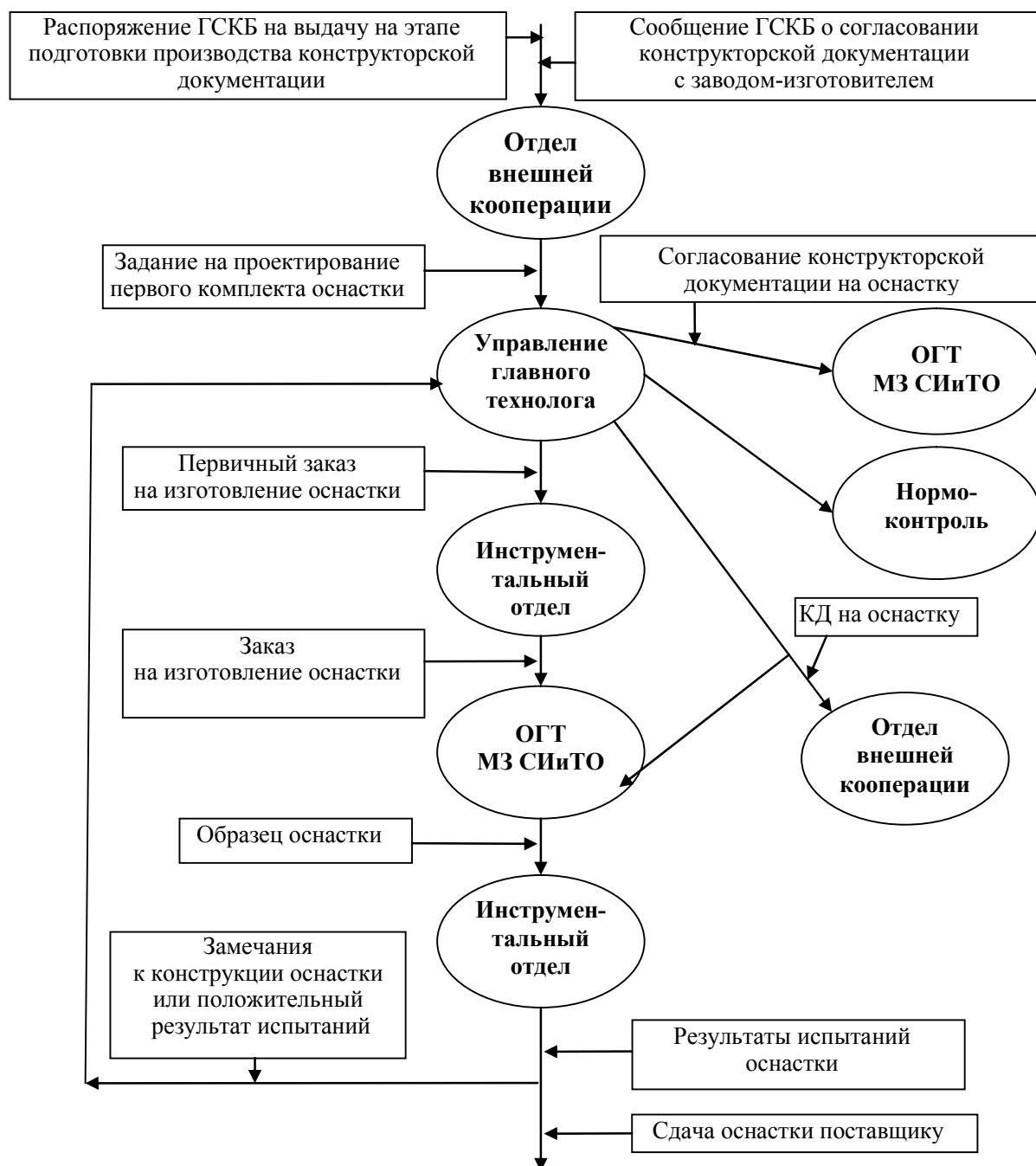


Рис. 3. Схема процесса взаимодействия подразделений в СКТПП

3. Практические и технико-экономические результаты создания СКТПП

Практическая реализация поставленной задачи была выполнена применительно к производственным условиям РУП «МТЗ» в рамках задания «Разработать и внедрить сквозную компьютерную технологию ускоренного запуска в производство деталей из полимеров в авто- и тракторостроении» отраслевой научно-технической программы «Компьютерные технологии проектирования и производства новой продукции». При выполнении данного задания были выполнены следующие работы:

1. Исследованы конструктивные особенности полимерных деталей трактора, описаны процессы их моделирования в среде систем Solid/Edge и UNIGRAPHICS, даны рекомендации по выбору качественных проектных решений, проведен анализ причин брака литых полимерных деталей и даны рекомендации по его устранению [5].

2. Обобщен опыт, отработаны подходы и приемы решения проектных задач методами твердотельного и поверхностного моделирования полимерных деталей в CAD/CAM/CAE-системах различного уровня [4] с привлечением средств компьютерного анализа геометрии и прочностных характеристик их конструкций.

3. Разработаны методы создания параметризованных библиотек для взаимосвязанных элементов конструкций полимерных деталей и пресс-форм для их литья [6, 7], разработаны методические материалы для работы в системах Solid/Edge и UNIGRAPHICS при конструировании пресс-форм на базе типизированных пакетов и библиотек стандартных деталей, освоены методы компьютерного анализа процессов литья и конструкции пресс-формы с целью повышения качества проектных решений и сокращения времени изготовления пресс-форм в инструментальном производстве.

4. Разработаны библиотеки геометрических электронных моделей полимерных деталей и пресс-форм для их литья, а также библиотеки типовых технологических процессов обработки формообразующих деталей пресс-форм на оборудовании с ЧПУ с целью сокращения времени разработки обрабатывающих программ.

5. Выполнен ряд проектов по запуску в производство пластмассовых деталей различного назначения, в ходе которых отрабатывались методы и приемы организации проектных работ по сквозной компьютерной технологии.

6. Разработаны предложения по нормативному обеспечению сквозной компьютерной технологии ускоренного запуска в производство полимерных деталей трактора, которые будут обеспечивать организацию проектных работ, взаимодействие служб предприятия, определять правила документирования и связи с корпоративной информационной системой предприятия.

Разработанные методы, алгоритмы и сценарии решения проектных задач являются инвариантными и могут быть использованы в среде других систем и для других производственных условий. Степень инвариантности методических, информационных и программных средств будет определяться конкретными условиями внедрения.

Выполненные работы подтвердили следующие преимущества информационной технологии проектирования:

1. Электронный макет изделия обеспечивает современный дизайн изделия и его конкурентоспособность, удешевление производства за счет повышения надежности проектирования и исключения конструкторских ошибок, ускорение сроков запуска в производство за счет исключения многих «бумажных» этапов.

2. Параллельное проектирование и накопление базы знаний способствуют сокращению сроков проектирования и повышению квалификации специалистов.

3. Анализ размерных цепей, кинематики, геометрии, прочности обеспечивает уменьшение издержек производства, повышение качества и потребительских свойств изделий.

4. Гибридное моделирование и параметризация обеспечивают создание семейств моделей изделий для более полного удовлетворения требований рынка.

5. Управление проектными работами и проектными данными делает возможным оперативное внесение изменений в проект, уменьшает непроизводительные потери рабочего времени и повышает управляемость производством.

Достаточно сложно количественно оценить перечисленные преимущества компьютерной технологии, так как зачастую отсутствуют необходимые статистические данные. Поэтому для экономической оценки эффективности разработанной СКТПП была предпринята попытка оценить ее вклад в конечный показатель работы РУП «МТЗ» – увеличение выпуска высококачественной техники. Такая оценка выполнена исходя из предпосылки, что увеличение доли полимерных деталей в выпускаемых моделях тракторов способствует повышению качества и снижению затрат на их производство, и на основе учетных данных о спроектированных и сданных в эксплуатацию пресс-формах, качество и количество которых увеличивается благодаря внедрению компьютерных технологий.

Расчет экономической эффективности базируется на следующих данных статистики. До внедрения задания в 2004 г. среднегодовое число пресс-форм, спроектированных двумя конструкторами, составляло 6,75. После внедрения задания в 2004 г. на двух АРМ спроектиро-

вано 19 пресс-форм. Количество проектируемых пресс-форм увеличилось на 3 шт. по сравнению со среднегодовым числом. В 2005 г. спроектировано 24 пресс-формы, т. е. увеличение составляет 8 шт., а в 2006 г. – 22 шт. Таким образом, количество проектируемых пресс-форм увеличилось по сравнению со среднегодовым числом примерно на 6 шт. Можно считать, что в 2006 г. в совокупности выпускаемых моделей тракторов появилось шесть новых наименований полимерных деталей.

Из расчетов утвержденного бизнес-плана по заданию «Разработать и внедрить сквозную компьютерную технологию ускоренного запуска в производство деталей из полимеров в авто- и тракторостроении» воспользуемся следующими показателями:

- усредненный эффект от замены металлических деталей на неметаллические составлял в ценах 2001 г. 804 рубля за штуку (в расчете были учтены затраты на производство металлической и пластмассовой детали);

- объем годовой программы выпуска тракторов всех моделей в 2000 г. – 30 000 шт.;

- количество пластмассовых деталей в программе выпуска тракторов в 2000 г. составляло 143 наименования;

- количество пластмассовых деталей всех наименований в программе выпуска тракторов в 2000 г. – 9 658 450 шт.

На основе приведенных данных можно рассчитать среднее число деталей одного наименования в годовой программе и среднее число пластмассовых деталей одного наименования, устанавливаемых на один выпускаемый трактор, которые соответственно составят: $9\,658\,450/143 = 67,542$ шт.; $67\,542 / 30000 = 2,251$ шт.

При сохранении темпов выпуска тракторов всех моделей в объеме 30 000 шт. (начало работ по заданию) годовой экономический эффект определяется произведением следующих величин: эффекта от замены металлической детали на неметаллическую; количества новых наименований полимерных деталей трактора; среднего числа пластмассовых деталей одного наименования, устанавливаемых на один выпускаемый трактор; годовой программы выпуска тракторов всех моделей в 2000 г.

Сроки разработки и ввода в эксплуатацию конкретных номеров оснастки отсутствуют, поэтому можно считать, что работы в ОГТ проходят с одинаковой интенсивностью в течение всего года. Оснастка изготавливается на МЗ СИиТО также равномерно в течение года и вся оснастка, разработанная в текущем году, вводится в эксплуатацию с начала следующего года. Таким образом, эксплуатация сквозной компьютерной технологии ускоренного запуска в производство деталей из полимеров в авто- и тракторостроении в 2006 г. даст рассчитанный эффект в 2007 г. Расчеты показывают, что уже в 2006 г. накопленный экономический эффект от выполнения работ по заданию превысил сумму затраченных средств республиканского бюджета. Следует учитывать, что данная оценка является скорее пессимистической, так как реальный объем производства тракторов в 2004–2006 гг. возрастал и сегодня составляет около 40 000 шт., что повышает экономический эффект в 1,33 раза.

Помимо приведенного расчета, по экспертным оценкам, информационные технологии позволяют сократить сроки технологической подготовки производства полимерных деталей трактора примерно на 50 % при уменьшении издержек производства в среднем на 25 %. Наличие электронной модели и ее всесторонний анализ позволяют повысить надежность и долговечность пластмассовых деталей трактора на 15 %.

Заключение

Внедрение методов гибкого производства на основе сквозных компьютерных технологий проектирования и изготовления позволяет вести все работы от единой корректной геометрической электронной модели проектируемого объекта, исключает дублирование конструкторско-технологических операций, делает возможным распараллеливание работ, повышает преемственность проектов, обеспечивает высокую скорость оценки различных вариантов.

Научная новизна выполненной работы заключается в переходе от объектно-ориентированного подхода в разработке САПР, когда в центре стоял объект проектирования (приспособление, штамп), к процессному подходу, когда центр тяжести переносится на ком-

плексное рассмотрение проблем автоматизации, таких как моделирование объекта и процесса проектирования и управление ими, включая организационное и нормативное обеспечение.

Выполнение подобных проектов позволяет предприятиям ставить задачу перехода к следующему уровню информатизации производственных процессов – созданию информационной технологии поддержки процессов жизненного цикла продукции, базирующейся на принципах и стандартах CALS-технологии.

Список литературы

1. Норенков, И.П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии / И.П. Норенков, П.К. Кузьмик. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.
2. Быков, А. Автоматизация КТПП в машиностроении: проблемы и решения / А. Быков, К. Карабчиев // САПР и графика. – 2005. – № 12. – С. 112–115.
3. Губич, Л.В. Автоматизация процессов проектирования в машиностроении / Л.В. Губич. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2002. – 308 с.
4. Кулик, Н.П. Опыт 3D-моделирования деталей тракторов прошлых разработок / Н.П. Кулик // Моделирование интеллектуальных процессов проектирования, производства и управления: сб. науч. тр. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2003. – С. 92–95.
5. Акулич, В.Л. Подходы к моделированию полимерных деталей трактора в среде Unigraphics / В.Л. Акулич, А.А. Прохорова // СИМ: материалы Третьей Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2002. – 108 с.
6. Васильев, Д.Л. Технологичность пластмассовых деталей сложных форм и их моделирование в среде CAD-систем разного уровня / Д.Л. Васильев, Н.И. Петкевич, А.А. Прохорова // Моделирование интеллектуальных процессов проектирования, производства и управления: сб. науч. тр. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2003. – С. 162–171.
7. Организация интеллектуального процесса проектирования в среде специализированного программного комплекса / Л.В. Губич [и др.] // Моделирование интеллектуальных процессов проектирования, производства и управления: сб. науч. тр. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2003. – С. 6–18.

Поступила 20.06.06

¹Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,
Минск, Сурганова, 6
e-mail: lab115@newman.bas-net.by

²Совместное общество с ограниченной ответственностью
«МикроЭкспресс Инт'л»,
Минск, Кропоткина, 89

L.V. Gubich¹, D.L. Vasilev¹, A.V. Zablotsky²,
N.P. Mukha¹, N.I. Petkevich¹, A.A. Prokhorova¹

THROUGH COMPUTER-BASED TECHNOLOGY OF DESIGNING AND PRODUCTION OF PLASTIC PARTS IN TRACTOR-BUILDING INDUSTRY

A structure, task composition and the ways of its decisions in computer-based technology of plastic parts designing and production in auto- and tractor-building industry are considered. Theoretical approaches and practical results are discussed.